DOI:10.11931/guihaia.gxzw201902011

北黄花菜的开花物候及传粉特性研究

孙颖，刘松，李梦雨，崔兰明，马翠青*

（东北林业大学 园林学院，哈尔滨 150040）

摘要：北黄花菜是百合科萱草属的优秀观赏植物材料，也是进行品种创新的极有价值的野生种质资源。该文对野生环境中北黄花菜的开花物候与传粉特性进行了连续 3 年的追踪观测，力求了解其开花进程和传粉机制，以期为北黄花菜的引种栽培和资源创新发挥实际作用。研究结果表明：（1）北黄花菜种群的开花物候只有 1 个高峰期。种群始花时间为 5 月末，盛花期为 6 月中旬，开花时间历时 30 d 以上，单株花期为 6～12 d。开花同步性指数（Si）分别为 0.36、0.27 和 0.21，种群内个体开花时间重叠程度较低。（2）北黄花菜的开花数量与坐果数呈显著正相关（P<0.05），坐果数与单株花期长度呈极显著正相关（P<0.01），单株花期长度与始花时间呈显著负相关（P<0.05），表明北黄花菜开花数量越多，其坐果数就越高（3）北黄菜的访花昆虫分属于 4 目 10 科共 10 种。各访花昆虫的访花时间和行为区别较大。发现主要的传粉昆虫 4 种，其活动范围大，活动特点与北黄花菜午后开放的规律相匹配，能够保证传粉效果。部分访花昆虫虽然活动范围小，但可以帮助植物进行自花授粉。两类访花昆虫的共同作用，使得北黄花菜的自然结实得到较大保障。

关键词：北黄花菜，开花物候，访花昆虫

Flowering phenology and pollination characteristics of *Hemerocallis lilioasphodelus.*

Sun Ying, Liu Song, Li Mengyu, Cui Lanming, Ma Cuiqing*

(*College of Landscape Architecture, Northeast Forestry University*, Harbin, 150040, China)

Abstract: *Hemerocallis lilioasphodelus* is an excellent ornamental plant material, belongs to *Hemerocallis* of *Liliaceae*, and it is also a valuable wild germplasm resource for variety innovation. In this paper, the flowering phenology and pollination characteristic of *H. lilioasphodelus* in the wild environment were observed for 3 consecutive years to understand its flowering process and pollination mechanism. In order to play a practical role in introduction cultivation and variety innovation. The results were as follows: (1) There is only one flowering peak for *H. lilioasphodelus* population. The initial blooming time of population at the end of May, full flowering stage in the middle of June, the flowering duration of the *H. lilioasphodelus* population lasted above 30 d and the duration of a single plant was about 6-12 d. The flowering synchrony index in three years were 0.36, 0.27 and 0.21, there was little cephalocaudal underlapping of single plant flowering time. (2) The flower number was significantly correlated (P＜0.05) with the fruit number, the flower number was significantly positive correlation (P＜0.01) with the duration of single plant, the duration of single plant was significantly negative correlated (P＜0.05) with initial blooming time. It indicates that the more flower number of *H. lilioasphodelus* lead the higher fruit number. (3) There were totally ten species of insect visitors which visited flowers belonging to four orders and ten families. The flower visiting time and behavior of each insect visitor are different and there are 4 main pollination insects. The main pollination insect have the large number and wide range of activities. Meanwhile its activity characteristics were matched with the law of the opening of *H. lilioasphodelus* in the afternoon, which can ensure the pollination effect. The interaction of two types of insect visitors guaranteed the seed set of *H. lilioasphodelus*.

Key words: *Hemerocallis lilioasphodelus*, flowering phenology, pollination characteristic

植物的开花物候是植物重要的生活史特征之一。开花物候通常较多地关注植物具有繁殖能力即盛开（花药散发）阶段；结果物候则包括果实出现、生长、成熟和种子散布（刘志民和蒋德明，2007；李慢如和张玲，2019）。有关开花物候的研究可以为植物群体提供功能节律、多样性和繁育方面的信息，对植物的生殖成功有重要影响（张文标，2008）。萱草属（*Hemerocallis* L.）是百合科（*Liliaceae*）多年生草本植物，约有 15 个原种，我国原产 10 种（中国植物志，1980）。虽然我国拥有丰富的萱草属野生种质资源，但其中绝大部分尚处于野生或未改良开发的状态,，同时极度缺乏具有自主知识产权的优良品种，这与西方

基金项目： 国家自然科学基金（31870687）［Supported by National Natural Science Foundation (31870687) ］

作者简介： 孙颖（1979-），女，吉林长春人，博士，副教授，主要从事园林植物种质资源开发与利用研究，（E-mail）littlesuning@126.com。

***通信作者：**马翠青，硕士，研究方向为园林植物应用（E-mail）liu152410@163.com。

观赏园艺发达的国家相距甚大。因此，以我国萱草属原生种为材料，研究其与开花相关的各项指标，可以为萱草属植物种间杂交和优质萱草属植物的培育提供理论依据。（李金霞等，2017）

北黄花菜（*Hemerocallis lilioasphodelus*）是萱草属中十分优秀的植物材料。其花色淡黄明亮，植株挺拔，花形秀美，具有芳香气味，而且分布广泛，在我国的一些高寒城市也可以生长良好。北黄花菜发展潜力巨大，是进行萱草属杂交育种、品种创新的优秀资源。目前，关于北黄花菜开花物候和传粉特性等的相关研究几乎没有，其它萱草属植物的研究也多集中在分类及进化关系（熊治廷等，1996；熊治廷等，1997；孔红，2001；朱云华等，2007；黎海利和董丽，2009；贾贺燕等，2014）、种质资源（任阳等，2017）等方面。本试验试图以野生环境中的北黄花菜为研究对象，进行连续 3 年的观察试验，掌握北黄花菜开花与传粉过程的基础数据，了解其开花进程和传粉机制，为北黄花菜的种质栽培和资源提供理论依据。

1 材料及方法

1.1 研究区概况

黑龙江省是北黄花菜的分布区之一，试验选取的北黄花菜种群位于黑龙江省大庆市杜尔伯特蒙古族自治县（123º 47'-125º 45'E，45º 23'-45º 59'N）。该地为北温带半湿润气候向半干旱气候的过渡区域，光照充沛，降雨偏少。试验于 2013 年-2015 年进行北黄花菜开花物候与传粉昆虫的相关测定。

1.2 北黄花菜的开花物候观察

种群面积为 3700 m^2，在群落内随机选取生长状态良好的 200 株植物。从现蕾期开始隔日观察。从第 1 株植株开花开始，每日进行观测。观测时间固定为早 10：30。观测项目有：（1）始花时间和当日花数；（2）盛花时间及当日花数；（3）终花时间及当日花数；（4）种群花期长度。以通用的统计方法进行花期记测（Dafni，1992）：始花时间为 5%及以上的个体开花；盛花时间为 50%及以上的个体开花；终花时间为 5%及以下的个体开花。2013 年至 2015 年连续观察 3 年。

个体的开花同步指数（Si）的计算公式（McIntosh，2002）为：

$$Si = \frac{1}{n-1}\left|\frac{1}{f_i}\right|\sum_{i=j}^{n} e_{i \neq j}$$

n 为标记的个体总数。f_i 为个体 i 的开花总时长（d）。e_i 为个体 j 和个体 i 的开花相遇总时长（d）。Si 的变异范围为 0～1，Si 的范围为 0～1，若 Si 为“0”，则群体内个体持续时间无重叠，若 Si 为“1”，则完全重叠。

1.3 开花参数与坐果数相关关系分析

在开花之后每天观察记录、标记各植株单花的开放时间、开花数量以及这些花随后发育成果实的情况。

1.4 传粉媒介及传粉行为观察

2014 年和 2015 年连续 2 年，在 5 月~7 月其开花期间，对北黄花菜种群的访花昆虫的行为进行观察、拍照和统计。每年观察总时间不少于 48 h。同时将捕捉到的昆虫带回实验室进行种类鉴定。在天气晴朗条件下，观察 5 株北黄花菜开花植株，连续观察 3 天。记录 60 分钟内访花昆虫的个体数目、种类，用秒表记测昆虫花部滞留时间。观察期间，每日对 20 朵即将开放的单花去雄套袋，第 2 天去袋后，在第 1 只昆虫对其访花后迅速将花朵取下带回实验室，显微镜下观察柱头上是否具有花粉及花粉数量。以此判断传粉昆虫。

从 7:00 观测到 17:00，追踪传粉昆虫的日活动规律。昆虫访花频率（次·h^{-1}·花$^{-1}$）=昆虫访花次数/单位时间。

1.5 分析方法

采用 SPSS 双变量相关性分析方法进行相关性分析。EXCELL 进行图的绘制。

2 结果与分析

2.1 种群开花进程

统计发现北黄花菜单株有 1~8 朵花，其中以 4~6 朵花居为多。单株花期长度为 2~20 d。从总体水平来看，单株花期为 6~12 d 的单株花期较为普遍。统计 3 年的单株花期，以 6 d 和 11 d 的分布频率最高，6 d 与 11 d 的分布频率各自占总频率的 14.1%。次之是单株花期为 10 d 的分布频率，占总频率的 12.5%。最少的则是 2 d、4 d 和 18 d 的分布频率，所占不到总频率的 5%。

表 1 北黄花菜的开花物候

Table1 Flowering phonological of *H. lilioasphodelus*

观测项目 Observation item		年份（year） 2013	2014	2015
始花时间及当日花数 Initial blooming time and number of flowers	日期（日/月） Date(day/month)	1/6	23/5	25/5
	当日花数（朵） Number of flowers(flower)	2	4	4
开花高峰时间及当日花数 Full flowering stage and number of flowers	日期（日/月） Date(day/month)	9/6	3/6	2/6
	当日花数（朵） Number of flowers(flower)	23	32	35
花期持续时间 Flowering duration	持续时间（d） Duration (d)	35	39	32
末花日期及当日花数 Final flowering day and number of flowers	日期（日/月） Date(day/month)	27/6	25/6	22/6
	当日花数（朵） Number of flowers(flower)	6	22	4
终花日期 End date	日期（日/月） Date(day/month)	5/7	30/6	25/6

通过 3 年的开花物候统计，发现北黄花菜种群的始花时间常集中在 5 月末（表 1）。群体花期持续 32 d 至 39 d。开花物候曲线为单峰曲线（图 1），开花高峰期多出现在 6 月初。群体花期的第 1 周，植株以缓慢且较为稳定的速度依次开花。1 周后，开花比例出现大幅上升，距始花日期 8~11 d 时群体迅速达到开花高峰，此时的开花比例大约在 10%~14%，开花高峰大约持续 2~3 d。在群体花期的中后期，开花比例出现下降趋势，每日开花植株不到种群植株数量的 5%。但是小幅度升高的现象也会在个别几天中出现。始花后 30 d 左右开花比例达到 90%以上，此时为群体的末花期。终花日为 6 月末或 7 月初。2014 年北黄花菜花期较 2013 年早 9 d，2015 年的花期较 2013 年早 7 d。开花高峰时间和终花时间也会随着花期的提前而提前。北黄花菜的开花同步性指数较低，2013 年至 2015 年分别为 0.36、0.27 和 0.21，种群内个体开花时间重叠程度较低。

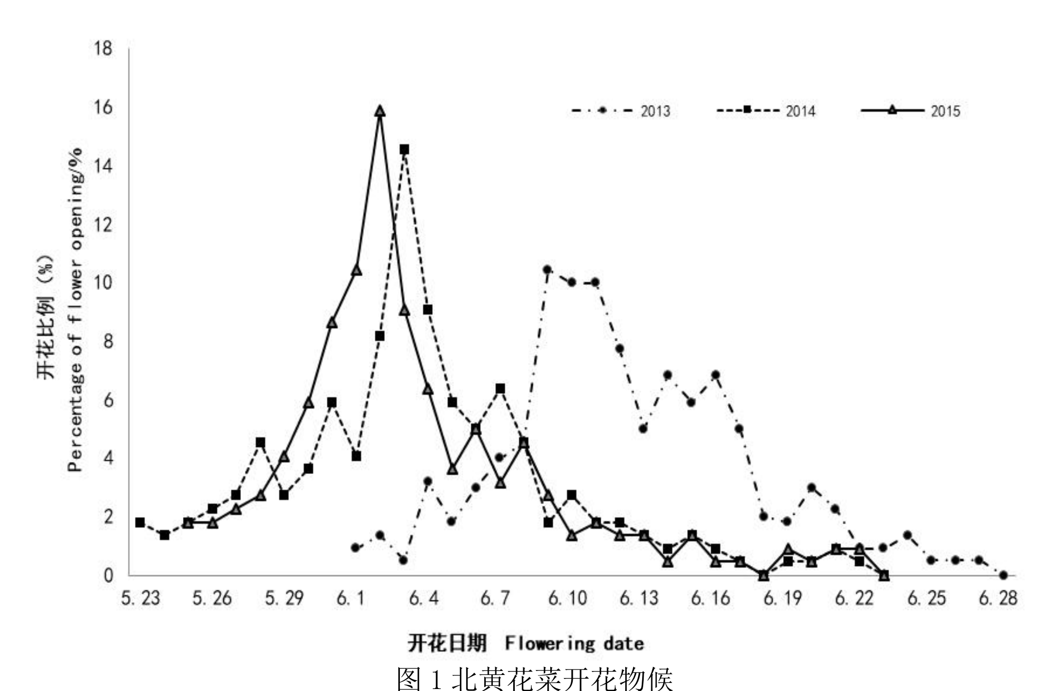


图 1 北黄花菜开花物候

Fig.1 Flowering phenology of *H. lilioasphodelus*

分析北黄花菜开花参数之间的相关关系，发现其坐果数与开花数量和花期长度呈显著正相关。单株花期长度和开花数量呈显著正相关，与始花时间呈显著负相关（表 2）。这表明北黄花菜植物花期早晚和开花数量多少能够决定其坐果的多少。图 2 的群体坐果数规律也表明了坐果数量随群体开花数量的增多而增多，群体盛花期时的坐果率最高，这与相关分析结果相符合。

表 2 个体始花时间、开花数、花期长度及坐果数的相关分析

Table 2 Correlation analyses among initial blooming time, flower number, flowering duration and fruit number

	开花数量 Flower number	坐果数量 Fruit number	单株花期长度 Flower duration of single individual
坐果数量 Fruit number	0.749*		
单株花期长度 Flower duration of single individual	0.858**	0.740**	
始花时间 Initial blooming time	-0.214	-0.201	-0.233*

注：**表示在 0.01 水平上相关性显著，*表示在 0.05 水平上相关性显著。

Note: **means correlation is significant at 0.01level, * means correlation is significant at 0.05level.

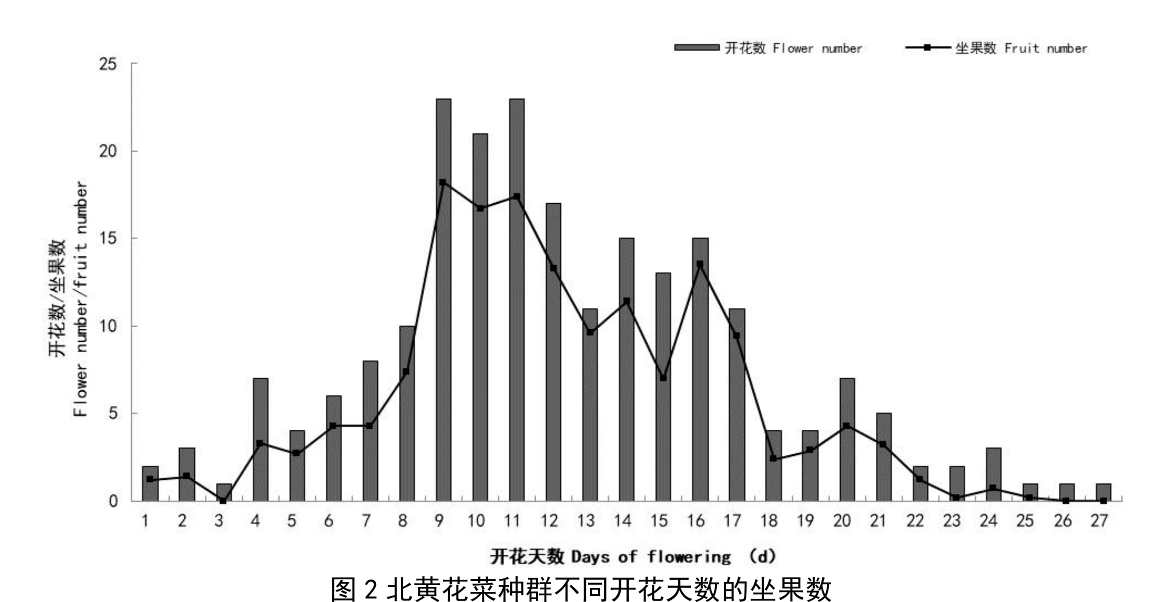


图 2 北黄花菜种群不同开花天数的坐果数

Fig.2 Changes of fruit number at different flowering days of *H. lilioasphodelus*

2.2 北黄花菜的访花昆虫及活动规律

2.2.1 访花者种类

共观察到膜翅目、鞘翅目、鳞翅目、双翅目、访花昆虫 10 种（表 3、图 3）。其中鞘翅目和鳞翅目分别有 3 种，其余 2 目分别有 2 种。

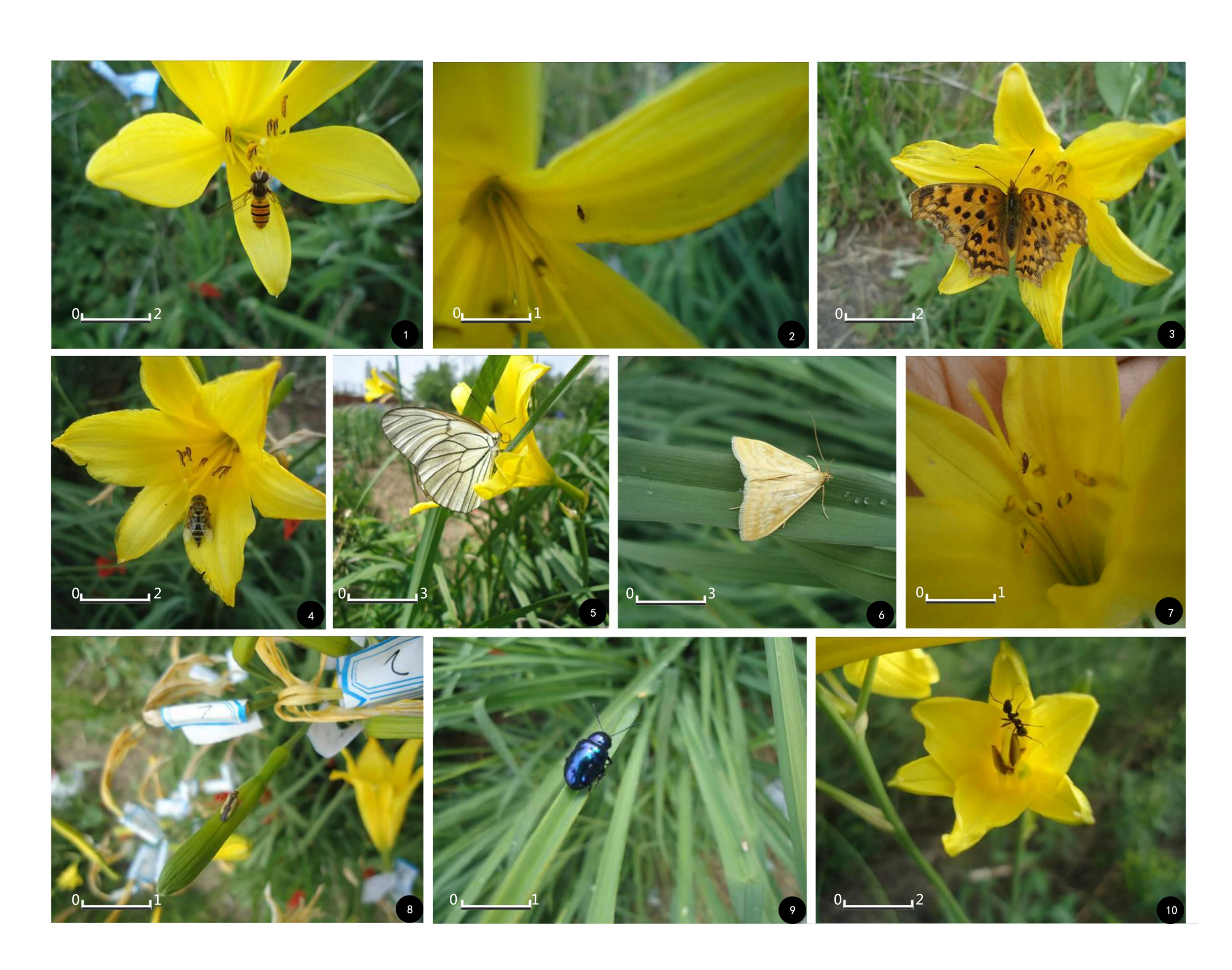
表 3 北黄花菜的访花昆虫

Table 3 Visiting insects of *H. lilioasphodelus*

所属目 Order	所属科 Family	访花昆虫种类 Species of flower-visiting insect
膜翅目 Hymenoptera	蜜蜂科 Apidae	东方蜜蜂 *Apis cerana*
	蚁　科 Formicidae	双齿多刺蚁 *Polyrhachis vicina* *
鞘翅目 Coleoptera	花蚤科 Mordellidae	杨氏姬花蚤 *Mordellistena yangi*
	叶甲科 Chrysomelidae	大猿叶甲 *Colaphellus bowringii*
	天牛科 Cerambycidae	东北脊花天牛 *Stenocorus amurensis*
鳞翅目 Lepidoptera	粉蝶科 Pieridae	绢粉蝶 *Aporia crataegi*
	蛱蝶科 Nymphalidae	黄钩蛱蝶 *Polygoina c-aureum**
	夜蛾科 Noctuidae	黄赭图夜蛾 *Eugraphe ochracea*
双翅目 Diptera	花蝇科 Anthomyiidae	夏厕蝇 *Fannia canicularis**
	食蚜蝇科 Syrphidae	黑带食蚜蝇 *Episyrphus balteata**

注：*表示主要传粉昆虫。

Note: *means main pollinating insects.



注：1. 黑带食蚜蝇；**2.** 夏厕蝇；**3.** 黄钩蛱蝶；**4.** 东方蜜蜂；**5.** 绢粉蝶；**6.** 黄赭图夜蛾；**7.** 杨氏姬花蚤；**8.** 东北脊花天牛；**9.** 大猿叶甲；**10.** 双齿多刺蚁。比例尺单位为厘米。

Note：**1.** *Episyrphus balteata*; **2.** *Fannia canicularis*; **3.** *Polygonia caureum*; **4.** *Apis cerana*; **5.** *Aporia crataegi*; **6.** *Eugraphe ochracea*; **7.** *Mordellistena yangi*; **8.** *Stenocorus amurensis*; **9.** *Colaphellus bowringii*; **10.** *Polyrhachis vicina*. Scale unit is cm.

图 3 北黄花菜的访花昆虫

Fig.3 The main visiting insects of *H. lilioasphodelus*

2.2.2 传粉昆虫的访花频率

通过套袋后昆虫访花效果的观测发现，各访花昆虫对北黄花菜的传粉贡献不尽相同。其中，能够带来花粉数量较大的昆虫有黑带食蚜蝇、双齿多刺蚁、夏厕蝇和黄钩蛱蝶。其中黑带食蚜蝇是访花最为频繁的昆虫，平均 0.60 次 h^{-1} 花$^{-1}$，其单花停留时间大约 2min。黑带食蚜蝇在访花时，通常直接落在北黄花菜的花药顶部舔食花粉，少部分访花时间较长者会深入花朵内部或是飞落于柱头上吸食花蜜。观察发现，北黄花菜的花药较大，开花当日花药便可开裂，花粉布满花药，花瓣可见散出的花粉。因为北黄花菜的花粉数量较多，所以在其背部、胸部以及腿部触及到花粉时，会大量的携带花粉，进而在花朵上移动的过程中即可完成传粉过程。同时对其访花活动结束后的花朵进行显微观察，发现花朵柱头上沾满大量花粉。由此可见黑带食蚜蝇是北黄花菜的主要传粉昆虫之一。同样方法处理，判定其它 3 种主要传粉昆虫的访花频率分别为：双齿多刺蚁，0.28 次·h^{-1}·花$^{-1}$；夏厕蝇，0.13 次·h^{-1}·花$^{-1}$；黄钩蛱蝶，0.02 次·h^{-1}·花$^{-1}$。

各传粉昆虫的每日访花活动规律也存在较大差异（图 4）。观察发现，9:00~10:00 和 15:00~16:00 是黑带食蚜蝇 1 天内主要的 2 个访花高峰，下午访花频率较上午更高。13:00~17:00 的时间段内北黄花菜花朵开始萌动开展，花药开裂散粉的时间通常为 15:00~16:00，与访花昆虫行为结合分析，花粉可能是诱导黑带食

蚜蝇访花的主要因素。黄钩蛱蝶上午的访花频率较下午为高，1 天内的 2 个访花高峰期分别为 10:00~11:00 和 12:00~13:00。双齿多刺蚁、夏厕蝇这 2 种传粉昆虫则没有明显规律可循。昆虫的单花停留时间统计分别为：黑带食蚜蝇，（102.7±14.57） s；双齿多刺蚁，（54.3±4.73） s；夏厕蝇，（37.7±6.66） s。黄钩蛱蝶的停留时间极短，仅为（6.7±3.06） s。

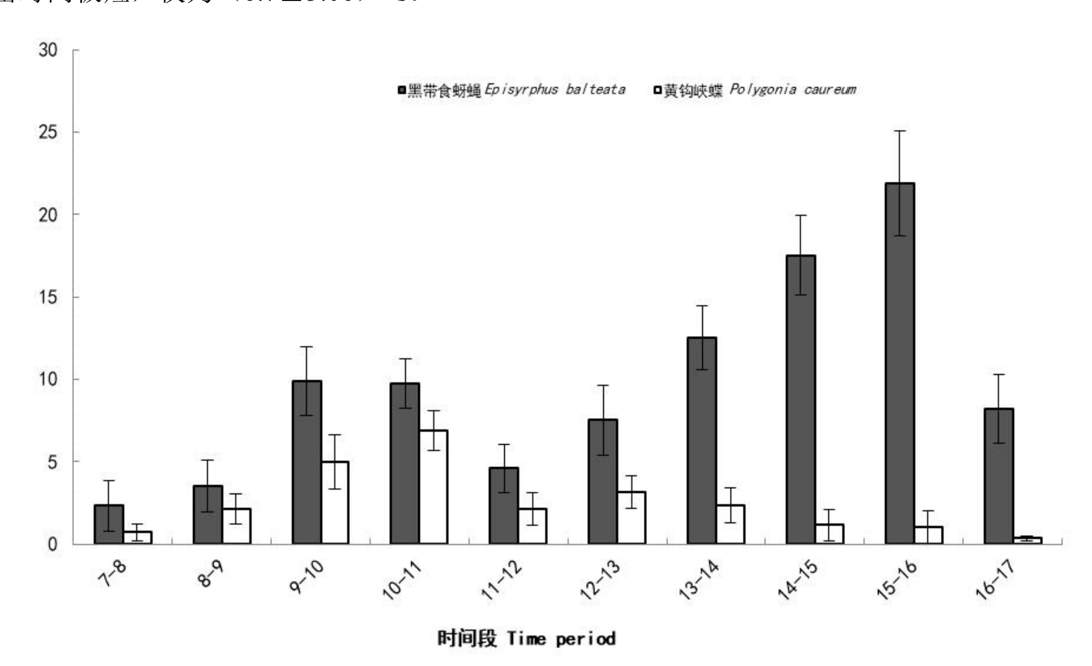


图 4 2 种主要访花昆虫日访花率变化规律

Fig.4 Daily visiting frequency of two visitors to *H. lilioasphodelus*

3 结论与讨论

3.1 北黄花菜的群体开花物候特点及其影响因素分析

影响植物开花物候因素有许多，其中主要影响因素为植物自身的遗传特性。植物的开花物候与生存环境也是紧密相关的，不同的生境条件下植物会产生相应适应机制，以确保植株的正常生长发育和维持种群延续的稳定性。植物群体的开花物候可以用一系列参数如开花数、开花时间和开花持续时间等来量化，这些参数能显著揭示植物的生殖成功与否（MCLNTOSH ME，2002）。连续 3 年的北黄花菜开花物候观测发现，各项观测项目数据都比较接近。虽然 3 年的开花高峰期之间有少许的差别，但 3 年的开花物候曲线均仅有 1 个明显的高峰，说明群落的开花进程总体趋势一致，这种单峰的开花物候曲线与很多其它植物相似（Buide et al.，2002；焦培培和李志军，2007；高泽梅等，2014；）。北黄花菜具有较为集中的群体开花阶段，开花高峰期多集中在 6 月初，这种大规模集中开花的策略可以为访花昆虫提供足够量的花粉，吸引较多访花昆虫，保证传粉昆虫可以在植株间充分移动，让访花昆虫进行多次授粉，从而提高授粉成功率。高素萍等（2015）、郭艳萍（2018）的研究中的也有相似的结果。

北黄花菜群体花期持续 32 d 至 39 d，3 年的开花同步性指数较低，只有 0.21~0.36。这种开花持续时间长且开花不同步不仅可以保证种群在较长时间内都能成功完成传粉受精过程而保证生殖成功，而且也可以保证植物面对环境变化有足够的缓冲时间，降低花期恶劣的自然环境对其生殖成功造成的不良影响。这种开花生殖策略是北黄花菜长期适应环境影响的结果，焦培培等（焦培培和李志军，2007）、别鹏飞等（别鹏飞等，2018）一些类似研究也支持了这一观点。

通过分析 2013-2015 年内北黄花菜开花期间的天气变化情况，发现 2014 年、2015 年晴朗天气多，所以始花时间就明显变早；2013 年晴朗天气少，始花时间就明显变晚，这进一步表明天气条件也对北黄花菜的开花产生了重要影响。天气条件是如何影响北黄花菜的开花物候的，我们将会在进一步的试验工作中进行探索。

3.2 北黄花菜的单株开花物候与生殖成功

在角茴香的开花物候的相关研究中，开花数和坐果数与始花日期和花期持续时间均不具有相关性，始花时间与花期持续时间存在显著负相关（杨姗霖等，2016）。但在本研究中发现，北黄花菜的果实产量与单株开花数量、单株花期长度均有密切关系，而与始花时间关系不大。单株开花数量多有利于吸引更多的传粉昆虫,增加对每朵花的拜访及传粉机会，而花期持续时间长有利于提高传粉昆虫的最终传粉效率，从而提高坐果数，这在相关研究中也得以证实（PRIMACK RB，1987；肖宜安等，2004；郭春燕等，2012；）植物的花结构、花粉的数量及昆虫的认知水平共同影响昆虫的访花行为（赵亚美等，2008）。北黄花菜花

朵大型，花瓣平滑，柱头和花药展示明显，为昆虫采食花蜜及传粉提供了很好的着陆平台（孙颖等，2016）。北黄花菜的花期在 6 月份，此时试验草原牧场内正值花期的植物种类不多。北黄花菜鲜艳明亮的花色对此时期的昆虫具有极高的吸引力。黑带食蚜蝇作为北黄花菜的主要访花昆虫，其数量多，活动力强，能够进行有效地传粉。而且其活动特点与北黄花菜午后开放的规律相匹配，能够最大程度地保证传粉效果。而拟黑多刺蚁等昆虫虽然活动范围很小，动作缓慢，携带花粉能力有限，但可以帮助植物进行自花授粉。两类访花昆虫的共同作用，使得北黄花菜的自然结实得到较大保障，对其物种繁衍和种群更新具有重要作用。

参考文献：

AUGSPURGER CK, 1983. Phenology, flowering synchrony, and fruit set of six neotropical shrubs[J]. Biotropica, 15(4): 257-267.

BUIDE ML, DÍAZ-PEROMINGO JA, GUITIÁN J, 2002. Flowering phenology and female reproductive success in *Silene acutifolia* Link ex Rohrb［J］. Plant Ecol, 163(1): 93-103.

BIE PF, TANG T, HU JY, et al., 2018. Flowering phenology and breeding system of an endangered and rare species *Urophysa rockii* (Ranunculaceae)[J]. Acta Ecol Sin. 38(11): 3899-3908.［别鹏飞，唐婷，胡进耀，等，2018. 珍稀濒危植物距瓣尾囊草(*Urophysa rochkii*)的开花物候和繁育系统特性[J]. 生态学报，38(11)：3899-3908.］

DAFNI A，1992. Pollination ecology[M]. New York: Oxford University Press: 59-89． Flowering phenology and reproductive features of the *Epimedium pubescens* in Jincheng Mountain[J]. Guihaia, 34(01):46-50.［高泽梅，权秋梅，肖娟，等，2014.金城山柔毛淫羊藿的开花物候与生殖特性[J]．广西植物，34(01)：46-50.］

GAO SP, ZHANG S, WU PW, 2015. Observation on flowering phenological characteristics of two type plants of *Plumbago auriculata* and analysis on its ecological significance[J]. J Plant Resour Environ, 24(01): 84-90.［高素萍，张硕，吴佩纹.二型植物蓝花丹开花物候特征观察及其生态意义分析[J]．植物资源与环境学报，24(01)：84-90.］

GUO CY, HE X, GAO JP, et al., 2012. Flowing phenology and Reproductive features of *Caryopteris mongolica* Bunge[J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin, 32(10): 2040-2046.［郭春燕，贺晓，高建平，等，2012.蒙古莸的开花物候与生殖特征[J].西北植物学报，32(10)：2040-2046.］

GUO YQ, 2004. Pollination biological character of *Dioscorea nipponica* subsp. *Rosthornii*[D]. Taian: Shandong Agricultural University: 1.［郭永强，2004.欧洲榛子开花结实生物学特性研究[D].山东农业大学：1.］

GUO YP, 2018. Study on Flowering Biological of *Clematis fusca*[D]. Northeast Forestry University : 39-46.［郭艳平，2018. 褐毛铁线莲开花生物学研究[D].东北林业大学：39-46.］

Jiao PP, Li ZJ, 2007. Flowering phenology of an endangered plant *Ammopiptanthus nanus*[J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin. 27(8): 1683-1689.［焦培培，李志军，2007. 濒危植物矮沙冬青开花物候研究[J]. 西北植物学报，2007，27(8)：1683-1689.］

JIA HY, GAO YK, HE Q, et al., 2014. Opening and closing Time of F $_1$ Hybrids of Daylily (*Hemerocallis fulva*) and Nightlily (*Hemerocallis citrina*) [J]. Journal of Northeast Forestry University. 42(7) : 100-104.［贾贺燕，高亦珂，何琦，等，2014. 昼夜开花萱草杂交后代花朵开闭时间[J]. 东北林业大学学报，42(7)：100-104.］

KONG H, 2001. Study on the seeds micro-morphological characteristics of *Hemerocallis* and its taxonomic significance[J]. Acta Bot Boreali-Occidentalia Sin. 21(2): 373-376.［孔红，2001. 甘肃萱草属种子微形态及其分类学意义[J]. 西北植物学报，21(2)：107-110.］

LI HL, DONG L, 2009. Relationship of *Hemerocallis* spp. wild species and cultivars by AFLP marker[J]. Acta Hort Sin. 36(8): 1203-1208.［黎海利，董丽，2009. 萱草部分野生种和栽培品种亲缘关系的AFLP分析[J]. 园艺学报，36(8)：1203-1208.］

LI MR, ZHANG L, 2019. Reproductive phenological characteristics and impact factors of *Macrosolen cochinchinensis* in Xishua[J/OL]. Guihaia: 1-11[2019-04-14].［李慢如，张玲. 2019. 西双版纳地区鞘花的繁殖物候特征及影响因素[J/OL].广西植物：1-11[2019-04-14]］

LI JX, CHU BY, YIN XY, et al., 2017. Research Progress of Breeding *Hemerocallis* L. [J]. North Hort, 41(10): 192-197.［李金霞，储博彦，尹新彦，等，2017. 萱草属植物育种研究进展[J]. 北方园艺，41(10)：192-197.］

LIU ZM, JIANG DM, 2007. Progress in the study of plant reproductive phenology[J]. Acta Ecol Sin. 27(03): 1233-1241.［刘志民，蒋德明，2007. 植物生殖物候研究进展[J]. 生态学报，27(03):1233-1241.］

McIntosh M E, 2002. Flowering phenology and reproductive output in two sister species of Ferocactus (Cactaceae)[J]. Plant Ecol, 159(1): 1-13.

PRIMACK RB, 1987. Relationships among flowers, fruits and seeds [J]. Ann Rev Ecol Syst. 18: 409-430.

REN Y, LIU HZ, LIU SY , et al., 2017. Research Progress on *Hemerocallis fulva*［J］. N Hortic, 41(20): 180-184.

［任阳，刘洪章，刘树英，等，2017. 萱草属植物研究综述[J]. 北方园艺，41(20)：180-184.］
SUN Y, CUI LM, LI MY, et al., 2018. Flowering phenology and pollination charateristics of *Barnardia japonica*[J]. Guihaia, 38(5): 608-616.［孙颖，崔兰明，李梦雨，等，2018. 绵枣儿的开花物候与传粉特性[J]. 广西植物，38(5)：608-616．］
SUN Y, YANG X, WANG AX, et al., 2016. Floral characters and breeding system of *Hemerocallis lilioasphodelus*[J]. Journal of Hunan University of Science & Technology(Natural Science Edition), 42(01): 58-63.［孙颖，杨雪，王阿香，等，2016. 北黄花菜的花部特征与繁育系统特性[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版)，42(01)：58-63.］
TANG J, WANG FZ, 1980. Flora Reipublicae Popularis Sinicae. [M]. Beijing: Science Press, 24: 52-62.［唐进，汪发缵，1980. 中国植物志［M］. 北京：科学出版社，24：52-62.］
XIONG ZT, CHEN XQ, HONG DY, 1996. Taxonomic studies on the nocturnal flowering group of Hemerocallis from China[J]. Acta Phytotaxon Sin. 34(6): 586-591.［熊治廷，陈心启，洪德元，1996. 国产萱草属夜间开花类群的分类研究[J]. 植物分类学报, 34(6)：586-591.］
XIONG ZT, CHEN XQ, HONG DY, 1997. Numerical taxonomic studies of *Hemerocallis* from China[J]. Acta Phytotaxon Sin. 35(4): 311-316.［熊治廷，陈心启，洪德元，1997. 中国萱草属数量分类研究[J]. 植物分类学报，35(4)：311-316.］
XIAO YA, HE P, LI XH, 2004. The flowering phenology and reproductive features of the endangered plant *Disanthus cercidifolius* var. *longipes* H. T. Chang (Hamamelidaceae) [J]. Acta Ecol Sin, 24(1): 14-21.［肖宜安，何平，李晓红，2004. 濒危植物长柄双花木开花物候与生殖特性[J]. 生态学报，24(1)：14-21.］
YANG SL, ZHOU YP, SHI X, et al., 2016. The Flowering Phenology and Reproductive Features of the Ephemeral Plant Hypecoum erectum L. [J]. Acta Bot Boreali-Occidentalia Sin, 36(09): 1855-1863.［杨姗霖，周永萍，施翔，等，2016. 短命植物角茴香的开花物候与生殖特征[J]. 西北植物学报，36(09)：1855-1863.］
ZHU YH, SU Q, WU WT, et al., 2007. Analysis of the Inter-species relationships and polymorphism on the *Hemerocallis* by ISSR-PCR molecular markers[J]. Journal of Nanjing Forestry University(Natural Sciences Edition). 31(6): 97-100.［朱云华，苏倩，武文婷，等，2007.萱草属野生资源遗传距离和多态性分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版)，31(6)：97-100.］
ZHANG WB, JIN ZX, 2008. Flowering phenology and pollination success of an endangered plant *Sinocalycanthus chinensis*[J]. Acta Ecol Sin. 28(08): 4037-4046.［张文标，金则新，2008. 濒危植物夏蜡梅的开花物候与传粉成功[J]. 生态学报，28(08)：4037-4046.］
ZHAO YM, HANG YJ, ZHOU YF, et al., 2008. Pollination biological character of *Dioscorea nipponica* subsp. *rosthornii*[J]. J Plant Resour Environ, 17(02): 15-21.［赵亚美，杭悦宇，周义锋，等，2008.柴黄姜的传粉生物学特性[J]. 植物资源与环境学报，17(02)：15-21.］
ZHANG C, DUAN JJ, CAO DM, et al., 2013. Chromosome number identification and karyotype analysis of the Taihang Mountain Wild *Hemerocallis*[J]. J Shanxi Agric Sci, 41(8): 767-770.［张超，段九菊，曹冬梅，等，2007. 太行山野生萱草染色体数鉴定与核型分析[J]. 山西农业科学，41(08)：767-770.］